

ГОЛОВІ РАЗОВОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ
ДФ 58.052.12 В ТЕРНОПІЛЬСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ
ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ІВАНА ПОЛЮЯ
ДОКТОРУ ТЕХНІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРУ
ЛУЦІВУ ІГОРЮ ВОЛОДИМИРОВИЧУ

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача
кафедри інженерної механіки (озброєння та техніки інженерних військ)

Національної академії сухопутних військ

імені гетьмана Петра Сагайдачного Сокола Богдана Івановича

на дисертаційну роботу Галана Юрія Ярославовича

«Підвищення ефективності технологічного процесу вібраційно-
відцентрової обробки деталей в сипучому абразивному середовищі»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
131 «Прикладна механіка»

Актуальність роботи, її зв'язок із науковими програмами, планами та темами

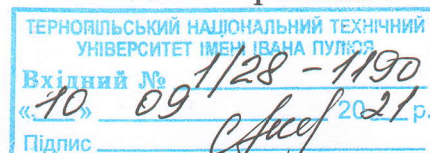
Ефективність розвитку машинобудування, інтенсифікація економіки
опирається на великі можливості сучасного науково-технічного прогресу, його
пріоритетні напрямлення, які забезпечують швидке і масштабне впровадження
передового і якісного перетворення продуктивних сил.

Для забезпечення якості машинобудівної продукції широко
використовуються високопродуктивні технологічні методи обробки деталей
складних профілів. Застосування технологічних методів дозволяє забезпечити
зростання рівня автоматизації робіт, підвищення економічної ефективності та
продуктивності праці. Для вирішення поставлених завдань є важливими та
актуальними:

- розробка та впровадження нових високопродуктивних технологічних
методів обробки деталей складних профілів при вібраційно-відцентровому
процесі;

- знаходження закономірностей процесу при вібраційно-відцентровому
обробленні деталей в сипучому абразивному середовищі, що дає можливість
визначити вплив технологічних параметрів на продуктивність процесу та
характер взаємодії абразивної гранули з поверхнею деталі.

Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом науково-дослідної
роботи кафедри «Автомобілів» та наукового напрямку Тернопільського
національного технічного університету імені Івана Пулюя в рамках науково-
дослідних держбюджетних тем: «Моделювання, синтез та розробка гвинтових
конвеєрів з можливостями технологічного перетворення сільськогосподарських
вантажів» (№ державної реєстрації 0120U102048); Створення нового покоління
методів фрактодіагностування матеріалів і конструкцій на основі використання
нейронних мереж (№ держреєстрації: 0119U001323) та відповідає напрямкам і



завданням «Енергетична стратегія України «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» на період до 2035 року», схваленою Розпорядженням КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків
і рекомендацій, їх вірогідність та повнота викладу в опублікованих
працях**

Наукові положення, висновки і рекомендації, які викладені в науковому дисертаційному дослідженні, є достатніми та належним чином обґрунтованими.

Для їх аргументації автором проведено необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, розроблено відповідні методики. В процесі проведення досліджень отримані три патенти України на корисні моделі, результати у повній мірі опубліковано у фахових виданнях. Обґрунтована актуальність теми та знайдено шляхи її вирішення.

В основу роботи покладений системний підхід щодо визначення технологічних процесів формування оброблених поверхонь з врахуванням технологічних факторів та фізико-механічних параметрів якості поверхні. Теоретичні дослідження базуються на:

загальних положень технології машинобудування, теорії формування якісних показників поверхні при різних технологічних методах обробки;

математичному апараті аналізу моделювання фізичних та механічних методів оцінки стану поверхонь оброблюваних деталей в основу котрого покладено принципу Д'Аламбера, узагальнення, на базі періодичних Ateb-функцій, методу Ван-дер-Поля.

Для експериментального дослідження параметрів та перевірки теоретичних результатів застосовано математичне моделювання та планування експерименту із застосуванням сучасних ЕОМ і програмного забезпечення. Статистичну обробку результатів експериментів та уточнення достовірності запропонованих теоретичних розрахунків проведено із застосуванням спеціального спроектованого обладнання та устаткування.

Висновки до дисертаційної роботи є достовірними і підтверджуються результатами досліджень. Зокрема, дані, наведені в пунктах 4, 5, 6 підтверджені результатами теоретичних та експериментальних досліджень і патентами України на корисні моделі. Пункти 2 і 3 підтверджені результатами теоретичних досліджень.

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з них 1 – монографія (у співавторстві), 7 – у наукових фахових виданнях (одна з яких опублікована в журналі за кордоном), 3 – патенти України на корисні моделі, 4 – у матеріалах наукових конференцій.

Наукова новизна одержаних результатів

На основі системного підходу до дослідження технологічних процесів вібраційно-відцентрового оброблення деталей в сипучому абразивному середовищі у роботі отримано такі наукові результати:

- набули подальшого розвитку аналітичні співвідношення для визначення енергії силової взаємодії елементів сипучого абразивного середовища з поверхнями оброблюваних деталей, що дають можливість підібрати раціональні конструктивні та кінематичні параметри нового устаткування і властивості абразивного робочого середовища;

- вперше розроблена пружно-в'язка модель руху сипучого абразивного середовища із визначенням динамічних параметрів при його взаємодії із поверхнями деталі у камері устаткування для вібраційно-відцентрового оброблення, що дозволяє прогнозувати амплітудно-частотну характеристику коливань абразивного робочого середовища, яка впливає на інтенсивність зрізання матеріалу;

- вперше на основі динаміки вібраційно-відцентрової обробки отримано аналітичні залежності, які встановлюють співвідношення параметрів процесу механічної обробки поверхонь деталей сипучим абразивним середовищем для резонансного і нерезонансного випадку.

Практичне значення одержаних результатів

Найважливіше практичне значення отриманих результатів роботи полягає в обґрунтуванні нової конструкції вібраційно-відцентрової установки та визначенні її основних параметрів, характеристики інтенсивності процесу. Практичні рекомендації дали змогу збільшити площу вібраційного впливу абразивного робочого середовища та одночасно зменшити його товщину. Це спричиняє збільшення сили взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею деталі, розширення технологічних можливостей вібраційної обробки і підвищення продуктивності вібраційного пристрою.

Дані результати частково використовувалися при підготовці бакалаврів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» на кафедрі інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя при викладанні дисциплін «Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин», «Технологія обробки типових деталей та складання машин», «Технологія та устаткування машинобудівних виробництв». Дослідно-промислова перевірка результатів досліджень була виконана у виробничих умовах на ТДВ «Булат» (смт Микулинці) та ТзОВ «ВМП енергоконструкція» (м. Рівне). Технічна новизна отриманих досліджень захищена 3 патентами України на корисні моделі.

Оцінка змісту роботи в цілому

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, і додатків. Загальний обсяг дисертації – 194 сторінки, в тому числі 72 рисунки, 20 таблиць, список використаних літературних джерел із 157 найменувань, 6 додатків. Обсяг основного тексту дисертації – 136 сторінок.

У **вступі** подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність даної теми і обґрунтована необхідність розв'язання поставленої науково-прикладної задачі.

У першому розділі проведено аналіз та узагальнення відомих наукових напрацювань і проблемних питань із застосування методів вібраційної обробки деталей для зняття дрібних частинок металу з поверхонь, що обробляються та згладжування мікронерівностей шляхом пластичної деформації за рахунок передачі енергії від стінок робочої камери, яка коливається.

Проведений патентний пошук комплексних методів для розроблення нових процесів вібраційно-відцентрового оброблення та удосконалення кінематичного руху камери, що піддає завантажене робоче середовище одночасній дії вібрацій, відцентрових сил та додаткових обертань. На основі проведеного аналізу визначено наукові підходи та напрямки досліджень як вихідні дані для вирішення поставлених в роботі завдань.

У другому розділі наведено теоретичні передумови процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей сипучим абразивним середовищем.

Розроблено математичну модель дії абразивної частинки на поверхню деталі, яка враховує параметри гранули сипучого робочого середовища і кута її взаємодії з оброблюваною поверхнею, що визначається кінематикою вібраційної установки, яка встановлює вид циркуляції робочого середовища для певного технологічного процесу обробки деталей.

Встановлено, що при меншому значенні коефіцієнта форми гранули k зміна значень коефіцієнта миттєвого тертя λ гранули від кута орієнтації гранули φ є значною, з синусоїдальною періодичністю, приблизно рівною 22° - 25° , що відповідає переходу від режиму шліфування до режиму полірування абразивними гранулами оброблюваної поверхні.

Дана математична модель руху сипкого середовища дозволяє описати динамічні процеси в оброблювальному середовищі для широкого спектру типів його матеріалів. Встановлено частоти власних коливань шару оброблювального середовища, які залежать від амплітуди його коливань за різних значень його густини для м'яких та жорстких матеріалів оброблювального середовища та середовища з лінійно-пружними властивостями.

Виведено аналітичні залежності, які встановлюють співвідношення параметрів процесу механічної обробки поверхонь деталей сипучим абразивним середовищем для резонансного і нерезонансного випадку.

У третьому розділі розроблено програму і методику експериментальних досліджень. Описано методику використання стендового обладнання для проведення експериментальних досліджень процесу з визначенням зміни продуктивності питомого зняття металу, шорсткості та визначення мікротвердості з використанням частотного перетворювача Altivar 71 з програмним продуктом PowerSuite v.2.5.0., з робочим середовищем: природний байкаліт та гранульований абразивний матеріал ПТС-8.

Четвертий розділ присвячено результатам проведених експериментальних досліджень з використанням повнофакторних експериментів. Наведено результати експериментальних досліджень шорсткості оброблених поверхонь деталей машин, виготовлених із сталі Ст 3 після вібраційно-відцентрового оброблення з виведенням рівняння регресії. Встановлено, що найінтенсивніша

зміна відбувається протягом перших 15 хв. обробки, а значення шорсткості оброблених поверхонь складає R_a 4,53 мкм – R_a 1,22 мкм. Встановлено, що збільшення частоти коливань ω від 15 Гц до 18 Гц призводить до зниження шорсткості оброблених поверхонь. Збільшення тривалості обробки заготовки T від 15 хв. до 35 хв. призводить до зниження шорсткості оброблених поверхонь, а подальше збільшення тривалості обробки до 55 хв. призводить до зростання шорсткості оброблених поверхонь.

Наведено експериментальні дослідження мікротвердість поверхневого шару деталей після вібраційно-відцентрового оброблення з використанням рівняння регресії. Встановлено, що максимальне значення мікротвердості поверхневого шару деталей складає 259 Н_v МПа, а мінімальне – 140 Н_v МПа. Збільшення тривалості обробки заготовки T від 15 хв до 55 хв. призводить до зростання мікротвердість поверхневого шару деталей на 22%.

У п'ятому розділі запропонована візуалізація процесу вібраційно-відцентрового оброблення та блок-схема програми розрахунку технологічного процесу, що дозволяє прогнозувати продуктивність зняття металу, шорсткість та твердість одержаної поверхні, уникати дискретного характеру технологічного процесу та знаходити оптимальне співвідношення режимів обробки, використовуючи технологію LINQ. Приведений річний економічний ефект від впровадження технологічного процесу вібраційно-відцентрового оброблення при заміні базового варіанту оброблення усієї партії виробів на розроблений становить 24251,5 грн. Одержані наукові і практичні результати частково впроваджено для використання у ТДВ «Булат» (сmt Микулинці) та ТзОВ «ВМП енергоконструкція» (м. Рівне). Технічна новизна захищена 3 патентами України на корисні моделі.

Достовірність і новизна висновків дисертації

Результати виконаного дослідження викладені у висновках до кожного розділу і у семи загальних висновках до дисертації. Висновки достовірні, мають наукову і практичну спрямованість.

Дискусійні положення та зауваження

1. У першому розділі недостатньо уваги приділено перевагам і недолікам вібраційно-відцентрових установок для оброблення деталей і їх приводам з точки зору розширення їх технологічних можливостей. Оснащення, приведені у першому розділі, представлено в описовій формі без критичного аналізу.

2. У перших розділах роботи доцільно б дати опис припущень, які прийняті в роботі при виконанні теоретичних і експериментальних досліджень.

3. В динамічній моделі враховано не всі чинники, які впливають на формування динамічної моделі, наприклад, рух деталей, які піддаються вібраційно-відцентровій обробці. Вказане може бути предметом подальших досліджень автора.

4. При проведенні експериментальних досліджень доцільно було б навести методику, за якою були апроксимовані результати експериментальних досліджень.

5. В дисертації бажано було б навести приклади деталей складної форми, для обробки поверхонь яких доцільно застосовувати саме вібраційно-відцентрову обробку.

6. У роботі не вказано похибки контрольних і вимірювальних інструментів при проведенні експериментальних досліджень.

7. У тексті дисертації зустрічаються деякі друкарські помилки, невдалі звороти.

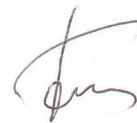
Загалом, висловлені зауваження не ставлять під сумнів отриманих наукових результатів та можуть бути використані у подальшій науковій роботі дисертанта.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Галана Юрія Ярославовича є завершеною науковою працею, у якій здобувачем вирішується важливе наукове завдання щодо технологічного забезпечення вібраційно-відцентрового оброблення деталей складного профілю в сипучому абразивному середовищі. Дисертаційна робота за актуальністю, структурою, обсягом, змістом відповідає спеціальності 131 «Прикладна механіка», за якою вона подана до захисту.

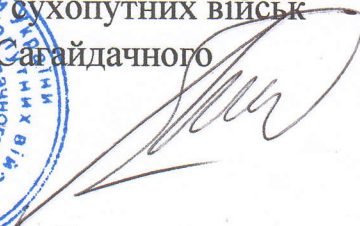
Актуальність обраної теми, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна, повнота їх викладу в опублікованих працях, практичну цінність та завершеність досліджень дозволяють стверджувати, що дисертаційна робота «Підвищення ефективності технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей в сипучому абразивному середовищі» виконана на високому науковому рівні, а здобувач Галан Юрій Ярославович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Офіційний опонент, завідувач кафедри
інженерної механіки Національної академії
Сухопутних військ України ім. П. Сагайдачного
доктор технічних наук, професор



Б. Сокіл

Підпис Б. Сокола. з а с в і д ч у ю:
начальник відділу персоналу та стройового
Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного
підполковник



С. Гладенюк